

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication : 2 825 666
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)
(21) N° d'enregistrement national : 01 07397
(51) Int Cl⁷ : B 60 M 5/00, B 60 M 1/00

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 06.06.01.

(30) Priorité :

(43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 13.12.02 Bulletin 02/50.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Se reporter à la fin du présent fascicule

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : ELECTRICITE DE FRANCE - SERVICE NATIONAL — FR.

(72) Inventeur(s) : KARTZ MAURICE.

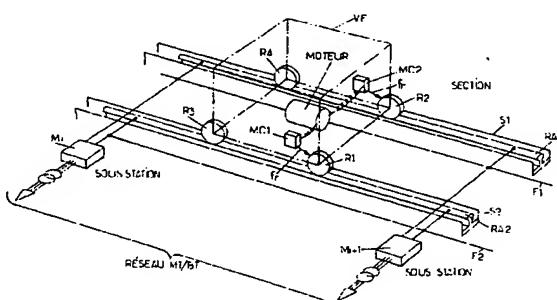
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : CABINET PLASSERAUD.

(54) SYSTEME D'ALIMENTATION DIRECTE EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN VEHICULE FERROVIAIRE ET VOIE FERREE CORRESPONDANTE.

(57) L'invention concerne un système d'alimentation directe en énergie électrique d'un véhicule ferroviaire. Il comporte un circuit d'alimentation (F_1 , F_2 , M_i , M_{i+1}) permettant d'engendrer entre une section des rails (RA_1 , RA_2) un potentiel électrique à basse tension, des éléments de protection (S_1 , S_2) de mise en court-circuit des rails (RA_1 , RA_2), des circuits collecteurs d'énergie (fr , MC_1 , MC_2) placés au niveau d'au moins un couple de roues opposées électriquement conductrices (R_1 , R_2) et permettant d'alimenter en énergie électrique le véhicule ferroviaire (VF).

Application aux véhicules ferroviaires de transport urbain.



BEST AVAILABLE COPY



SYSTÈME D'ALIMENTATION DIRECTE EN ÉNERGIE ÉLECTRIQUE
D'UN VÉHICULE FERROVIAIRE ET VOIE FERRÉE CORRESPONDANTE.

5 L'invention concerne un système d'alimentation directe en énergie électrique d'un véhicule ferroviaire et la voie ferrée associée à un tel système.

10 Les développements du type Transport en Commun en Site Propre, tels que les tramways, les trolleybus ou les métros, connaissent, à l'heure actuelle, un regain d'intérêt spectaculaire, dû en grande partie à la prise de conscience générale des avantages réels des transports publics face aux nuisances et au caractère parfois totalement aléatoire du transport urbain privé.

15 Le regain d'intérêt précité pour ces modes de transport s'explique par de nombreux atouts tels que :

- vitrine technologique et médiatique pour l'autorité organisatrice et l'organisme décisionnel, tel que l'élu, ces modes de transport figurant souvent dans l'image de marque d'une agglomération, tout en contribuant manifestement à une meilleure structuration de l'urbanisme ;
- ponctualité, régularité pour l'utilisateur de ce mode de transport ;
- contribution à la réduction des nuisances telles que nuisance sonore et pollution, et, ainsi, amélioration du cadre de vie.

30 Toutefois, une limitation importante du transport en commun de type tramway est due actuellement à la dépendance des rames vis-à-vis de la caténaire d'alimentation en énergie électrique, en particulier dans les sites urbains dans lesquels la circulation est de plus

en plus congestionnée. En outre, certains sites urbains, riches en monuments historiques notamment, ne tolèrent pratiquement plus la nuisance engendrée par l'infrastructure très lourde nécessaire à ce type de transport.

D'une manière générale, seules les villes d'une certaine importance disposent des moyens financiers nécessaires à la construction d'une ou plusieurs lignes de tramway.

Cependant, les villes de taille moyenne aspirent à disposer des avantages d'un tel mode de transport alors que leurs capacités de financement ne leur permettent pas nécessairement de réaliser de tels projets. En conséquence, des solutions de transport urbain à infrastructure beaucoup plus réduite sont susceptibles de répondre à leur attente, en particulier lorsque ces infrastructures ne comportent pas de lignes d'alimentation aériennes ou caténaires.

Afin de permettre une meilleure intégration de ce type de système de transport dans le tissu urbain et, en particulier, de s'affranchir des lignes aériennes d'alimentation, deux familles de solutions sont actuellement proposées par les constructeurs :

- une première solution repose sur le principe d'une alimentation des rames en mouvement par un rail intégré à la chaussée sur lequel vient frotter un ou plusieurs patins conducteurs du matériel roulant ;
- une deuxième solution consiste à équiper le matériel roulant d'un dispositif embarqué de stockage d'énergie, de manière à conférer à l'ensemble une certaine autonomie. La recharge du dispositif de stockage est

effectuée en certains points de la ligne de trajet, le matériel roulant étant à l'arrêt pendant cette opération.

Les solutions précitées présentent toutefois les 5 inconvénients ci-après :

- selon la première solution, bien que ces systèmes soient originaux et qu'ils permettent de s'affranchir des lignes aériennes d'alimentation, un risque majeur apparaît en raison de l'existence du rail 10 d'alimentation, lequel, intégré à la chaussée, est porté à un potentiel électrique dangereux, compris entre 500 V et 1000 V continu, uniquement au moment du passage des rames. En conséquence, ces dispositifs doivent comporter des systèmes de détection des rames, 15 conditionnant la mise sous tension du rail, les sécurités associées à ces systèmes de détection devant être étudiées avec grand soin. En particulier, ces systèmes et leurs sécurités doivent être particulièrement sûrs, quelles que soient les 20 conditions d'environnement, intempéries, variations climatiques, pollution urbaine, ou d'exploitation, vieillissement, usure. Ces conditions strictes de fiabilité impliquent un surcroît non négligeable des installations.
- Selon la deuxième solution, une difficulté réelle apparaît du fait des performances très moyennes des dispositifs de stockage actuellement disponibles, 25 notamment ceux à base de batteries d'accumulateurs.

L'application des super-capacités aux moyens de stockage, d'une capacité électrique de quelques dizaines à quelques milliers de farads, présente des avantages 30

nombreux, bien que ces composants ne soient disponibles à l'heure actuelle qu'à des prix élevés. Ces composants semblent bien adaptés, lorsqu'en particulier le cycle de fonctionnement comprend essentiellement des démarrages et 5 des freinages, ce qui est le cas pour les transports urbains. Leur prix de revient, lié à une explosion attendue de leur diffusion commerciale, est orienté vers une diminution régulière, ce qui permet d'envisager une application à grande échelle dans un avenir proche.

10 La présente invention a pour objet la mise en œuvre d'un système d'alimentation directe en énergie électrique de véhicules ferroviaires permettant de remédier aux inconvénients des systèmes connus de l'art antérieur.

15 Un objet de la présente invention est en particulier de réduire à sa plus simple expression les infrastructures nécessaires à l'alimentation en énergie électrique des véhicules ferroviaires, afin de permettre l'installation de lignes de transport urbain ou suburbain 20 en l'absence de réalisation d'implantation d'infrastructures nécessaires trop lourdes, l'alimentation électrique de ces véhicules étant effectuée de manière directe, c'est-à-dire en l'absence de lignes aériennes ou de caténaires.

25 Un autre objet de la présente invention est, dans le même ordre d'idée, la mise en œuvre d'un système d'alimentation en énergie électrique de véhicules ferroviaires à faible niveau de tension n'excédant pas 60 V en tension continue ou 25 V en courant alternatif, ce 30 qui permet de réduire sensiblement les contraintes de niveau de protection des usagers ou des personnes côtoyant

de tels réseaux, seules des contraintes de protection contre les courts-circuits directs accidentels de ces systèmes d'alimentation devant être envisagés.

Le système d'alimentation directe en énergie électrique d'un véhicule ferroviaire muni de roues électriquement conductrices isolées du châssis de ce véhicule ferroviaire et circulant sur une voie ferrée comportant deux rails parallèles, objet de la présente invention, est remarquable en ce qu'il comporte au moins un module d'alimentation à très basse tension continue des rails constitués par un matériau électriquement conducteur, ce module d'alimentation permettant d'engendrer entre une section de ces rails un potentiel électrique à basse tension, un système de protection de mise en court-circuit de ces rails et un module collecteur d'énergie électrique placé au niveau d'au moins un couple de roues collectrices électriquement conductrices opposées, ces moyens collecteurs permettant de délivrer une tension d'alimentation en énergie électrique à basse tension permettant d'alimenter le véhicule ferroviaire.

La présente invention a également pour objet une voie ferrée spécifique comportant deux rails parallèles permettant l'alimentation directe en énergie électrique d'un véhicule ferroviaire muni de roues électriquement conductrices isolées du châssis de ce véhicule ferroviaire et circulant sur cette voie ferrée.

Cette voie ferrée comporte une pluralité de sections successives, des moyens d'alimentation à très basse tension continue des rails constitués par un matériau électriquement conducteur, ces moyens d'alimentation étant connectés aux rails au niveau de chaque section et

permettant d'engendrer entre une section de ces rails un potentiel électrique à basse tension. En outre, un système de protection de mise en court-circuit de ces rails est prévu.

5 Le système d'alimentation directe et la voie ferrée pour véhicule ferroviaire objets de l'invention trouvent application à la mise en œuvre de lignes de transport urbain ou suburbain équipées de véhicules ferroviaires de tonnage moyen, n'excédant pas une dizaine 10 de tonnes environ.

Ils seront mieux compris à la lecture de la description et à l'observation des dessins dans lesquels :

- la figure 1 représente, à titre illustratif, un système d'alimentation directe en énergie électrique d'un véhicule ferroviaire conforme à l'objet de la présente invention ;
- les figures 2a à 2f représentent, à titre illustratif, un premier mode de mise en œuvre non limitatif du système d'alimentation directe en énergie électrique 20 d'un véhicule ferroviaire et d'une première voie ferrée spécifique permettant cette mise en œuvre, conformément à l'objet de la présente invention ;
- les figures 3a à 3f représentent, à titre illustratif, un deuxième mode de mise en œuvre non limitatif du système d'alimentation directe en énergie électrique 25 d'un véhicule ferroviaire et d'une deuxième voie ferrée spécifique permettant cette mise en œuvre, conformément à l'objet de la présente invention ;
- les figures 4a et 4b représentent, à titre illustratif, 30 un schéma du principe d'alimentation du matériel roulant en fonction des différentes positions possibles

du véhicule ferroviaire dans le cadre du deuxième mode de mise en œuvre du système d'alimentation directe et de la deuxième voie ferrée spécifique représentés en figures 3a à 3f.

5 Une description plus détaillée du système d'alimentation directe en énergie électrique d'un véhicule ferroviaire conforme à l'objet de la présente invention, ainsi que de voies ferrées spécifiques permettant la mise en œuvre de ce système, sera maintenant donnée en liaison 10 avec la figure 1 et les figures suivantes.

D'une manière générale, on indique que le véhicule ferroviaire est muni de roues électriquement conductrices isolées du châssis de ce dernier, le véhicule ferroviaire VF étant destiné à circuler sur une voie ferrée comportant 15 deux rails RA_1 et RA_2 parallèles et, au moins partiellement, électriquement conducteurs. Les roues électriquement conductrices isolées du châssis sont notées R_1 à R_4 sur la figure 1.

Ainsi que représenté sur la figure précitée, le 20 système comporte au moins des circuits d'alimentation à très basse tension continue des rails RA_1 et RA_2 , ces circuits d'alimentation, notés M_i et M_{i+1} permettant d'engendrer, entre une section des rails RA_1 et RA_2 , un potentiel électrique à basse tension.

25 En référence à la figure 1, on indique que les circuits d'alimentation M_i et M_{i+1} sont normalement constitués par des systèmes transformateurs reliés au réseau d'alimentation électrique MT/BT, ce réseau délivrant une tension alternative, soit en moyenne tension 30 de l'ordre de 20 kV, soit en basse tension 380 V par exemple. Les transformateurs précités sont connectés à des

modules de redressement délivrant une tension continue à des lignes d'alimentation, encore désignées par *feeders* en langage anglo-saxon, ces lignes étant notées F_1 , F_2 sur la figure 1.

5 A titre d'exemple non limitatif, on indique que les circuits d'alimentation M_i , M_{i+1} peuvent être installés au niveau de sous-stations distantes d'une longueur déterminée, définissant une section des rails, les circuits d'alimentation permettant ainsi d'engendrer entre 10 une section des rails RA_1 et RA_2 un potentiel électrique à basse tension de valeur sensiblement constante sur l'ensemble de la longueur de la voie ferrée.

15 En outre, ainsi que représenté sur la figure 1, le système d'alimentation objet de l'invention comprend des éléments de protection de mise en court-circuit des rails RA_1 et RA_2 .

20 Dans le cas non limitatif de mise en œuvre du système d'alimentation directe, objet de l'invention, tel que représenté en figure 1, les éléments de protection peuvent consister en un sillon S_1 , respectivement un sillon S_2 , dans lesquels les rails RA_1 respectivement RA_2 sont semi-enterrés, afin de permettre la protection efficace des rails précités contre toute mise en court-circuit par un objet métallique placé de façon fortuite de 25 manière transversale sur les rails précités. Ces derniers sont alors placés dans les sillons S_1 , respectivement S_2 , en l'absence d'affleurement.

30 En outre ainsi que représenté sur la figure 1, des circuits collecteurs d'énergie électrique, notés MC_1 , sont placés au niveau du véhicule ferroviaire VF et en particulier d'au moins un couple de roues collectrices

électriquement conductrices opposées, les roues R_1 et R_2 sur la figure 1. Les circuits collecteurs connectés aux roues R_1 respectivement R_2 par l'intermédiaire de frotteurs fr permettent de délivrer une tension d'alimentation en énergie électrique à basse tension permettant d'alimenter le véhicule ferroviaire, en particulier les organes moteurs M de ce dernier.

Bien entendu, on indique que les roues collectrices électriquement conductrices opposées sont isolées électriquement l'une de l'autre par l'intermédiaire du châssis du véhicule ferroviaire VF.

D'une manière générale, on indique que les circuits collecteurs précités MC_1 et MC_2 , peuvent être constitués par des circuits collecteurs ou frotteurs au niveau des roues tels que ceux utilisés sur les véhicules de type métropolitain et permettant un retour par appel de courant axial, l'isolation des roues d'un même essieu étant réalisée au niveau des engrenages du différentiel par exemple ou, le cas échéant, au niveau de plaquettes isolantes permettant la fixation des bogies et des ressorts de suspension du châssis à ces derniers de manière totalement isolée électriquement.

Le mode de mise en œuvre de roues électriquement conductrices isolées du châssis ne sera pas décrit en détail car il correspond à des techniques classiques connues de l'état de la technique.

Une description plus détaillée du système d'alimentation directe en énergie électrique d'un véhicule ferroviaire conforme à l'objet de la présente invention et d'une voie ferrée spécifique permettant la mise en œuvre

d'un tel système d'alimentation, sera maintenant donnée en liaison avec les figures 2a à 2f.

Sur la figure 2a, on a représenté une vue de dessus de la voie ferrée permettant la mise en œuvre d'un système d'alimentation directe en énergie électrique d'un véhicule ferroviaire selon la figure 1, entre deux sous-stations M_i et M_{i+1} , les lignes d'alimentation électrique ou feeders F_1 et F_2 étant toutefois déportées d'un même côté de la voie ferrée afin de simplifier la mise en œuvre globale de l'ensemble et chaque section réalisée par un tronçon de voie ferrée entre sous-station pouvant être avantageusement subdivisée en plusieurs sections, de manière à réduire la chute de tension ohmique provoquée par chacun des rails conducteurs et rétablir ainsi le potentiel d'alimentation électrique à basse tension au niveau de chaque section. Chaque section peut présenter une longueur sensiblement égale pour subdiviser la voie ferrée et les rails compris entre deux sous-stations en sections de longueur sensiblement égale.

Les figures 2b et 2c représentent une vue en coupe transversale, coupe A-A de la figure 2a, les figures 2b et 2c représentant un mode de réalisation des éléments de protection de mise en court-circuit des rails RA_1 et RA_2 .

Selon les figures précitées, les rails sont montés en l'absence d'affleurement dans les sillons S_1 et S_2 pour réaliser la voie ferrée semi-enterrée et éviter tout contact d'une pièce métallique transversale déposée accidentellement sur la chaussée.

En outre, ainsi que représenté sur les figures 2d et 2e, la chaussée précitée peut présenter avantageusement un profil intra-rail en forme de remblais, la forme de

remblais sur les figures 2d et 2e précitées permettant d'empêcher tout contact effectif d'une pièce métallique transversale, ainsi que représenté sur la figure 2e.

Le dimensionnement électrique de l'ensemble peut 5 être réalisé, en référence à la figure 2f, laquelle représente la tension d'alimentation de la rame en volts, cette tension pouvant être de l'ordre de 60 V maximum, au cours des phases de démarrage, de roulage, puis de freinage, le courant dans la rame étant d'autre part 10 représenté et pouvant atteindre 1000 A dans la phase de démarrage et un courant inverse d'amplitude maximale 500 A lors d'une phase éventuelle de freinage à contre-courant de la rame précitée.

15 A partir des éléments correspondant à la chute de tension aux bornes du matériel roulant, tel que représenté en figure 2f, il est alors possible de déterminer la tension d'alimentation de la rame tout au long de son déplacement entre deux stations d'arrêt correspondant aux sous-stations..

20 Dans le cas où l'énergie de freinage n'est pas renvoyée par freinage à contre-courant sur la ligne par le matériel roulant, l'intensité de la courbe précédente reste alors toujours positive, et la surtension due au freinage disparaît.

25 Le premier mode de mise en œuvre du système d'alimentation directe en énergie électrique d'un véhicule ferroviaire et de la voie ferrée spécifique correspondante présente une grande simplicité de mise en œuvre.

En effet, du point de vue des installations fixes, il est 30 simplement nécessaire de raccorder les rails de roulement RA_1 , RA_2 à des sous-stations de taille réduite et au

circuit d'alimentation correspondant installé au niveau de ces dernières et placé au minimum à chaque station d'arrêt. La subdivision en plusieurs sections peut également être prévue ainsi que représenté en figure 2a.

5 Toutefois, le système d'alimentation directe en énergie électrique d'un véhicule ferroviaire, objet de l'invention, tel que décrit précédemment, induit des chutes de tension dans les rails de roulement, ces chutes de tension étant d'autant plus marquées que le matériel 10 roulant se situe à mi-distance entre les sous-stations d'alimentation. La mise en œuvre d'un ou plusieurs feeders constituants des lignes d'alimentation raccordées régulièrement aux rails de roulement et la subdivision en sous-tronçons précitée permettent de réduire ces chutes de 15 tension.

En ce qui concerne les circuits d'alimentation à très basse tension prévus au niveau de chaque sous-station par exemple, ainsi que décrit en figure 1, ceux-ci comportent essentiellement une première source de tension 20 continue connectée à chaque section à l'un des rails et une deuxième source de tension continue différente de la tension délivrée par la première source de tension continue et connectée à chaque section à l'autre des rails RA₂. Ce mode de connexion permet d'engendrer au niveau de 25 chaque section, entre l'un et l'autre rail RA₁, RA₂, le potentiel électrique à basse tension. Sur la figure 2a, la première source de tension continue est réputée délivrer une tension positive, notée +, et la deuxième source de tension continue est réputée délivrer une tension négative, notée -.

Le système d'alimentation directe en énergie électrique et la voie ferrée spécifique correspondante selon le premier mode de réalisation précédemment décrit peuvent donner satisfaction. Toutefois, un deuxième mode de mise en œuvre du système d'alimentation directe en énergie électrique d'un véhicule ferroviaire et d'une voie ferrée permettant la mise en œuvre d'un tel système sera maintenant décrit en liaison avec les figures 3a à 3c, ce mode de mise en œuvre permettant d'améliorer sensiblement la sécurité de l'ensemble au prix toutefois d'une légère augmentation de la complexité de construction.

La figure 3a représente un système d'alimentation directe conforme à l'objet de la présente invention dans le deuxième mode de mise en œuvre, selon une vue de dessus de la voie ferrée spécifique permettant l'exécution du deuxième mode de mise en œuvre précité.

En référence à la figure 3a, on indique que chaque section S_n comporte un premier tronçon $T1_n$ des rails RA_1 et RA_2 , ce premier tronçon $T1_n$ étant connecté à une même première source de tension continue, la source dite positive par l'intermédiaire de la ligne d'alimentation ou *feeder* F_1 , le tronçon des rails $T1_n$ électriquement conducteur et les rails de ce premier tronçon étant portés au même premier potentiel électrique précité.

Chaque section S_n comporte en outre un deuxième tronçon $T2_n$ des rails RA_1 et RA_2 , le deuxième tronçon $T2_n$ étant formé par des rails en matériau électriquement neutre.

Enfin, chaque section S_n comporte un troisième tronçon $T3_n$ des rails RA_1 et RA_2 , ce troisième tronçon étant connecté à une même deuxième source de tension

continue, la source de tension négative par l'intermédiaire de la ligne d'alimentation ou *feeder F₂*.

Ainsi, les rails du troisième tronçon sont portés à un même potentiel électrique distinct du premier potentiel électrique.

Ainsi qu'il apparaît en outre sur la figure 3a, deux sections successives S_n , S_{n+1} , sont séparées par un tronçon intermédiaire $T_{in,n+1}$, constitué par des rails électriquement neutres. Dans ces conditions, le troisième 10 T_{3n} et le premier tronçon T_{1n+1} de rail appartenant à deux sections successives S_n , S_{n+1} , sections séparées par le tronçon intermédiaire $T_{in,n+1}$, selon le sens de parcours de la voie ferrée par le véhicule ferroviaire VF, sont connectés à la deuxième, respectivement à la première 15 source de tension continue et portés au deuxième, respectivement au premier potentiel électrique, c'est-à-dire à la source de tension négative, respectivement à la source de tension positive, pour former avec le tronçon intermédiaire une pseudo-section notée $PS_{n,n+1}$ constituée 20 par le troisième tronçon T_{3n} de la section S_n et le premier tronçon T_{1n+1} de la section S_{n+1} .

Dans ces conditions, chaque section et chaque pseudo-section présentent sensiblement les mêmes caractéristiques électromécaniques que chaque section 25 voisine de la pseudo-section considérée.

Ce mode d'agencement en tronçons permet d'alimenter le véhicule ferroviaire VF à partir d'une tension électrique périodique résultante de valeur efficace sensiblement constante lors du passage successif 30 du véhicule ferroviaire d'une section à une pseudo-section et réciproquement. On comprend en particulier que la

5 tension d'alimentation du véhicule ferroviaire, et en particulier la tension électrique périodique résultante de valeur efficace sensiblement constante, est rendue indépendante du sens de parcours des sections et pseudo-sections.

10 En référence à la figure 3a et à la figure 3b représentant une vue en coupe selon le plan de coupe longitudinal de la voie ferrée représentée en figure 3a, le profil intra-rail pour chaque section ou pseudo-section 15 S_n , $PS_{n,n+1}$ est avantageusement en forme de remblais dans une direction sensiblement parallèle aux rails RA_1 , RA_2 .

15 On comprend en particulier que la tension d'alimentation des tronçons de rail étant différente pour les tronçons extrêmes de chaque section S_n , respectivement de chaque pseudo-section $PS_{n,n+1}$, le remblais ménagé dans le sens longitudinal de la voie ferrée, ainsi que représenté en figure 3b, permet alors d'éviter tout risque de mise en contact accidentel des tronçons de rail extrêmes précités, la mise en court-circuit accidentelle 20 des rails d'un même tronçon de rail étant sans effet car ces derniers sont portés au même potentiel électrique.

25 Un justificatif théorique du principe de fonctionnement du système d'alimentation directe en énergie électrique d'un véhicule ferroviaire dans le deuxième mode de mise en œuvre précité sera maintenant donné en liaison avec les figures 3c à 3f.

30 Grâce à la structure de la voie ferrée spécifique telle que représentée en figure 3a, les rails de roulement RA_1 et RA_2 sont constitués d'une succession de tronçons de rail conducteurs séparés par des tronçons de rail isolants, les tronçons intermédiaires. Les deux files de

rails sont alors successivement au même potentiel électrique.

Les tronçons de rail conducteurs sont alternativement raccordés aux polarités positive et négative de l'alimentation des sous-stations. Le captage du courant, au niveau du véhicule ferroviaire VF est effectué au niveau des différents bogies de la rame. La tension d'alimentation délivrée au véhicule ferroviaire roulant est alors fonction de la position des bogies de captage par rapport aux tronçons de rail conducteurs. Cette tension peut être positive, négative ou nulle pendant une très courte durée, ainsi qu'il sera décrit ci-après en liaison avec les figures 3c à 3f.

Pour un exemple de mise en œuvre, les paramètres de construction retenus étaient les suivants :

- longueur de chaque tronçon de rail, premier ou troisième tronçon conducteur T_{1n} , T_{3n} : 3 mètres ;
- longueur de chaque tronçon non conducteur, respectivement tronçon intermédiaire T_{2n} , $T_{in,n+1}$: 3 mètres ;
- vitesse de circulation du véhicule ferroviaire : 20 km/h.

Sur la base des valeurs précitées, la tension obtenue aux bornes des essieux lors du déplacement de la rame est représentée en figure 3c, cette tension correspondant à la tension de captage au niveau des frotteurs placés sur chaque bogie. Sur la figure 3c, la tension est exprimée en volts pour un axe des abscisses gradué en secondes.

La tension obtenue est une tension alternative dont la période est proportionnelle à la vitesse de déplacement de la rame.

5 Pour alimenter les moteurs de traction du véhicule ferroviaire, cette tension peut alors être redressée de manière à toujours alimenter le moteur de traction avec la même polarité quel que soit le sens de parcours des sections S_n et des pseudo-sections $PS_{n,n+1}$, ainsi que décrit précédemment dans la description.

10 La tension obtenue après redressement est représentée en figure 3d. La courbe représentée sur la figure précitée montre qu'il existe certaines positions du véhicule pour lesquelles le système de captage de courant coïncide avec les tronçons de rail électriquement neutres 15 et où, par conséquent, le moteur de traction M du véhicule ferroviaire n'est pas alimenté.

La durée des coupures de tension correspondantes dépend de la position du véhicule ferroviaire et en particulier de la position du système de captage de courant de ce dernier, et donc de l'écartement entre les 20 frotteurs par rapport à la longueur des tronçons.

Afin d'éviter des coupures brèves de tension, le circuit collecteur d'énergie électrique comporte alors un module de stockage de l'énergie permettant d'engendrer, à 25 partir de la tension sensiblement continue, la tension d'alimentation en énergie électrique permettant d'alimenter le véhicule ferroviaire. Ce module de stockage d'énergie peut être constitué par un condensateur de faible valeur, de l'ordre de 1 farad, connecté en 30 parallèle avec l'alimentation électrique du moteur de traction.

La figure 3e représente la tension d'alimentation d'un tel moteur de traction pour un tel condensateur et pour une puissance appelée constante de 30 kW. La valeur du condensateur précitée peut être calculée en fonction de 5 la durée de la coupure de tension et de la puissance appelée par le moteur de traction.

Un justificatif du dimensionnement électrique du système sera maintenant donné en liaison avec la figure 3f.

10 Ainsi que représenté en figures 3a et 3f, de manière particulièrement avantageuse, les tronçons de rail conducteurs, c'est-à-dire les tronçons extrêmes de chaque section S_n , sont raccordés par les extrémités opposées selon la polarité de la tension positive ou négative, 15 ainsi que décrit précédemment dans la description.

20 Dans ces conditions, et pour une position X des bogies et en particulier du contact de chaque roue conductrice par rapport au point de raccordement des extrémités précitées, la résistance série du tronçon de rail positif est de la forme $Rc.X$, alors que la résistance du tronçon de rail négatif est de la forme $Rc.(1-X)$.

25 Dans ces conditions, et compte tenu de l'agencement précité, on indique que la résistance totale vue par le moteur de traction reste constante quelle que soit la position X du véhicule par rapport aux extrémités opposées de connexion des tronçons de rail précédemment mentionnés.

30 Dans ces conditions, on comprend que l'alimentation du véhicule ferroviaire est effectuée indépendamment de la position des roues collectrices opposées vis-à-vis des premier et troisième tronçons Tl_n ,

T_{3n} constituant une section S_n, respectivement une pseudo-section PS_{n,n+1}.

Enfin, pour une longueur l_c des tronçons de rail conducteurs T_{1n} et T_{3n}, et pour une longueur l_n des tronçons de rail neutres constitués par les deuxièmes tronçons T_{2n} de chaque section et les tronçons intermédiaires T_{i,n,n+1}, l'écartement des points de contact des roues collectrices des bogies du véhicule ferroviaire dans le sens de déplacement de celui-ci doit être pris égal sensiblement à $e = l_c + l_n$. Dans l'exemple de réalisation précédemment décrit, cet écartement est ainsi égal à 6 mètres.

Différents éléments relatifs aux voies ferrées permettant la mise en œuvre du système d'alimentation directe en énergie électrique d'un véhicule ferroviaire conformément à l'objet de la présente invention seront maintenant décrits en liaison avec les figures 1, 4a et 4b.

D'une manière générale, on indique que la voie ferrée spécifique permettant la mise en œuvre du système d'alimentation objet de la présente invention selon le premier mode de réalisation, comporte deux rails parallèles permettant l'alimentation directe en énergie électrique du véhicule ferroviaire VF muni de roues électriquement conductrices isolées du châssis de ce véhicule lorsque ce véhicule circule sur cette voie ferrée.

Une telle voie ferrée est remarquable en ce qu'elle comporte des sections successives S_n, S_{n+1} et des circuits d'alimentation M_i, M_{i+1} à très basse tension

continue de ces rails RA_1 , RA_2 constitués par un matériau électriquement conducteur.

Les circuits d'alimentation sont connectés aux rails RA_1 et RA_2 sensiblement au niveau de chaque section et permettent d'engendrer entre une section des rails un potentiel électrique à basse tension. Des éléments de protection sont prévus afin d'éviter la mise en court-circuit accidentelle des rails RA_1 et RA_2 .

En ce qui concerne la voie ferrée spécifique permettant la mise en œuvre du système d'alimentation directe en énergie électrique d'un véhicule ferroviaire objet de l'invention, on indique, en référence à la figure 4a, que chaque section S_n comporte un premier tronçon de ces rails, noté $T1_n$, ce premier tronçon étant connecté à une même première source de tension continue, la tension négative sur la figure 4a, les rails du premier tronçon $T1_n$ étant portés au même premier potentiel électrique. A titre d'exemple non limitatif, on indique que la connexion électrique entre les deux tronçons de rail $T1_n$ constitutifs du premier tronçon peut être réalisée par un câble enterré ou toute liaison enterrée adaptée.

Chaque section S_n comporte en outre un deuxième tronçon des rails $T2_n$ pour les rails RA_1 et RA_2 , les deuxièmes tronçons $T2_n$ étant formés par des rails en matériau électriquement neutre.

Pour la constitution des rails du deuxième tronçon $T2_n$, on indique que ces rails peuvent être constitués par exemple par des rails métalliques, donc électriquement conducteurs, placés et fixés sur des socles électriquement isolants et séparés des rails et des tronçons de rail $T1_n$ et $T3_n$ constituant les premiers et les troisièmes tronçons

de rail par une jonction isolante I_s constituée en un caoutchouc dur sur une longueur de 4 à 5 cm.

En fait, on comprend que chaque jonction isolante peut parfaitement épouser la forme de section des rails de façon à assurer la continuité du roulement entre les premiers et les troisièmes tronçons.

Enfin, chaque section comprend un troisième tronçon des rails T_{3n} , les troisièmes tronçons étant connectés à une source de tension continue et portés à un même deuxième potentiel électrique, le potentiel positif, par le feeder F_1 distinct du premier potentiel électrique.

En outre, deux sections successives S_n , S_{n+1} sont séparées par un tronçon intermédiaire de rail électriquement neutre, le tronçon $T_{in,n+1}$ sur la figure 4a, chaque tronçon intermédiaire pouvant être constitué de manière analogue au deuxième tronçon T_{2n} de chaque section.

Dans ces conditions, le troisième et le premier tronçon T_{3n} , respectivement T_{1n+1} , appartenant à deux sections successives S_n , S_{n+1} et séparés par un tronçon intermédiaire $T_{in,n+1}$, sont connectés à la deuxième, respectivement à la première source de tension continue, c'est-à-dire la source de tension positive, respectivement la source de tension négative et ainsi portés au deuxième, respectivement au premier potentiel électrique pour former avec ce tronçon intermédiaire une pseudo-section notée $PS_{n,n+1}$.

On comprend en particulier que des jonctions isolantes I_s sont en outre prévues afin d'assurer la jonction de roulement entre les tronçons de rail du troisième tronçon T_{3n} et les tronçons de rail

intermédiaires $T_{i,n+1}$, respectivement ces tronçons intermédiaires de rail électriquement neutres $T_{i,n+1}$ et le premier tronçon $T_{1,n+1}$ de la section suivante, pour assurer ainsi la continuité du roulement sur les rails RA_1 et RA_2 .

5 Un tel mode de réalisation permet d'alimenter le véhicule ferroviaire à partir d'une tension électrique périodique résultante de valeur efficace sensiblement constante lors du passage successif du véhicule ferroviaire d'une section à une pseudo-section, et 10 réciproquement.

On comprend bien entendu que dans le cas du mode de mise en œuvre de la figure 4a, chaque tronçon de rail distinct d'un deuxième tronçon et d'un tronçon intermédiaire est connecté à une source d'alimentation au 15 niveau de l'extrémité de ce tronçon. Ceci permet d'assurer les conditions d'alimentation du moteur de traction M du véhicule ferroviaire indépendamment de la position des frotteurs, c'est-à-dire des roues conductrices, sur les rails, ainsi que décrit précédemment dans la description.

20 Sur la figure 4b, on a représenté schématiquement un véhicule ferroviaire constitué par une rame supportée par quatre bogies par rail, chaque bogie étant lui-même le siège d'une roue électriquement conductrice, ainsi que représenté sur la figure 4b. Les roues et les bogies 25 présentent alors deux à deux la condition de distance d'écartement $e = l_c = l_n$ précédemment mentionnée dans la description. On comprend ainsi que les roues et les bogies peuvent être combinés deux à deux, ainsi que représenté sur la figure 4b, pour assurer l'alimentation du moteur de traction M à partir des éléments redresseurs D , 30 représentés sur la figure 4b, et du module de stockage C .

Dans ces conditions, des circuits d'alimentation à très basse tension et des circuits collecteurs d'énergie électrique placés au niveau du véhicule ferroviaire VF comportent des circuits de lissage de la tension d'alimentation en énergie électrique à basse tension permettant d'alimenter le véhicule ferroviaire constitué par les circuits de stockage C précités.

On peut ainsi constater que dans le cas de l'exécution du deuxième mode de mise en œuvre du système d'alimentation directe objet de l'invention, il existe toujours une différence de potentiel entre la première tension positive, respectivement négative, appliquée à deux roues électriquement conductrices distantes de l'écartement e précédemment mentionné, sauf peut-être dans des cas limites de durée très brève, l'inertie du véhicule ferroviaire et l'énergie cinétique emmagasinée par ce dernier lui permettant de passer à une situation dans laquelle deux des autres roues sont alimentées. Le moteur de traction M est ainsi lui-même électriquement alimenté de manière sensiblement continue et en tout état de cause alimenté pendant les instants très brefs d'absence de tension électrique au niveau des roues à partir des circuits de stockage C de l'énergie emmagasinée.

On comprend bien entendu qu'en tant que de besoin, le nombre des bogies et des roues conductrices par rail n'est pas limité à quatre, des rames automotrices pouvant le cas échéant être successivement accrochées pour constituer une rame plus importante.

On comprend également que le système d'alimentation directe en énergie électrique d'un véhicule ferroviaire et les voies ferrées correspondantes

permettant la mise en œuvre d'un tel système d'alimentation, bien que destinés principalement à des véhicules de tonnage moyen, peuvent également être mis en œuvre pour des véhicules beaucoup plus légers et le cas 5 échéant pour des jouets d'enfants par exemple.

REVENDICATIONS

1. Système d'alimentation directe en énergie électrique d'un véhicule ferroviaire muni de roues électriquement conductrices isolées du châssis de ce véhicule ferroviaire et circulant sur une voie ferrée comportant deux rails parallèles, caractérisé en ce que ce système comporte au moins :

- des moyens d'alimentation à très basse tension continue desdits rails constitués par un matériau électriquement conducteur, lesdits moyens d'alimentation permettant d'engendrer entre une section desdits rails un potentiel électrique à basse tension ;
- des moyens de protection de mise en court circuit desdits rails ;
- des moyens collecteurs d'énergie électrique placés au niveau d'au moins un couple de roues collectrices électriquement conductrices opposées, lesdits moyens collecteurs permettant de délivrer une tension d'alimentation en énergie électrique à basse tension permettant d'alimenter ledit véhicule ferroviaire.

2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits moyens de protection de mise en court circuit desdits rails comprennent :

- un premier et un deuxième sillon dans lesquels lesdits rails sont respectivement montés pour réaliser une voie ferrée semi-enterrée ;
- un profil intra-rail en forme de remblais.

3. Système selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que lesdits moyens d'alimentation à très basse tension comprennent :

- une première source de tension continue, connectée à chaque section à l'un desdits rails ;
- une deuxième source de tension continue, différente de la tension délivrée par la première source de tension continue, connectée à chaque section à l'autre desdits rails, ce qui permet d'engendrer entre l'un et l'autre rail, au niveau de chaque section, ledit potentiel électrique à basse tension.

5 4. Système selon l'une des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que ledit profil intra-rail est en forme de remblais dans une direction sensiblement orthogonale auxdits rails.

10 5. Système selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que chaque section comporte :

15 - un premier tronçon desdits rails, ledit premier tronçon étant connecté à une même première source de tension continue, lesdits rails dudit premier tronçon étant portés à un même premier potentiel électrique ;

20 - un deuxième tronçon desdits rails, ledit deuxième tronçon étant formé par des rails en matériau électriquement neutre ;

25 - un troisième tronçon desdits rails, ledit troisième tronçon étant connecté à une même deuxième source de tension continue, lesdits rails dudit troisième tronçon étant portés à un même potentiel électrique distinct dudit premier potentiel électrique, deux sections successives étant séparées par un tronçon intermédiaire de rails électriquement neutres, le troisième et le premier tronçon de rails appartenant à deux sections successives séparées par un tronçon intermédiaire selon 30 le sens de parcours de la voie ferrée, étant connectés

à la deuxième respectivement à la première source de tension continue et portés au deuxième respectivement au premier potentiel électrique, pour former avec ledit tronçon intermédiaire une pseudo-section, présentant sensiblement les mêmes caractéristiques électro-mécaniques que chaque section voisine de cette pseudo-section, ce qui permet d'alimenter ledit véhicule ferroviaire à partir d'une tension électrique périodique résultante de valeur efficace sensiblement constante lors du passage successif dudit véhicule ferroviaire d'une section à une pseudo-section et réciproquement.

6. Système selon la revendication 5, caractérisé en ce que ledit profil intra-rail pour chaque section ou pseudo-section est en forme de remblais dans une direction sensiblement parallèle auxdits rails.

7. Système selon l'une des revendications 1, 2, 5 ou 6, caractérisé en ce que lesdits moyens collecteurs d'énergie électrique comportent au moins des moyens de stockage de l'énergie permettant d'engendrer, à partir de ladite tension sensiblement continue, ladite tension d'alimentation en énergie électrique permettant d'alimenter ledit véhicule ferroviaire.

8. Système selon les revendications 5 et 7, caractérisé en ce que lesdits moyens collecteurs comportent en outre des moyens redresseurs permettant d'assurer le redressement de ladite tension électrique périodique résultante, pour engendrer une tension sensiblement continue.

30 9. Système selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que lesdits moyens d'alimentation à très

basse tension et lesdits moyens collecteurs d'énergie électrique comportent des moyens de lissage de la tension d'alimentation en énergie électrique à basse tension permettant d'alimenter ledit véhicule ferroviaire 5 constitués par des moyens de stockage.

10. Système selon l'une des revendications 5 à 9, caractérisé en ce que l'alimentation électrique de chaque tronçon, distinct d'un deuxième tronçon et d'un tronçon intermédiaire, est effectuée par une connexion d'une source d'alimentation à l'extrémité de chaque tronçon, ce qui permet d'alimenter ledit véhicule ferroviaire à partir d'une longueur constante de rail électriquement conducteur, indépendamment de la position des roues collectrices opposées vis-à-vis des premier et troisième 15 tronçons constituant une section respectivement une pseudo-section.

11. Voie ferrée comportant deux rails parallèles permettant l'alimentation directe en énergie électrique d'un véhicule ferroviaire muni de roues électriquement 20 conductrices isolées du châssis de ce véhicule ferroviaire et circulant sur cette voie ferrée, caractérisée en ce que cette voie ferrée comporte :

- une pluralité de sections successives ;
- des moyens d'alimentation à très basse tension continue 25 desdits rails constitués par un matériau électriquement conducteur, lesdits moyens d'alimentation étant connectés auxdits rails sensiblement au niveau de chaque section et permettant d'engendrer entre une section desdits rails un potentiel électrique à basse tension ;

des moyens de protection de mise en court circuit desdits rails.

12. Voie ferrée selon la revendication 11, caractérisée en ce que chaque section comporte :

5 - un premier tronçon desdits rails, ledit premier tronçon étant connecté à une même première source de tension continue, lesdits rails dudit premier tronçon étant portés à un même premier potentiel électrique ;

10 - un deuxième tronçon desdits rails, ledit deuxième tronçon étant formé par des rails en matériau électriquement neutre ;

15 - un troisième tronçon desdits rails, ledit troisième tronçon étant connecté à une source de tension continue, lesdits rails dudit troisième tronçon étant portés à un même deuxième potentiel électrique distinct dudit premier potentiel électrique, deux sections successives étant séparées par un tronçon intermédiaire de rails électriquement neutres, le troisième et le premier tronçon de rails appartenant à deux sections successives séparées par un tronçon intermédiaire étant connectés à la deuxième respectivement à la première source de tension continue et portés au deuxième respectivement au premier potentiel électrique pour former, avec ledit tronçon intermédiaire, une pseudo-section, ce qui permet d'alimenter ledit véhicule ferroviaire à partir d'une tension électrique périodique résultante de valeur efficace sensiblement constante lors du passage successif dudit véhicule ferroviaire d'une section à une pseudo-section et réciproquement.

13. Voie ferrée selon la revendication 12, caractérisée en ce que chaque tronçon distinct d'un deuxième tronçon et d'un tronçon intermédiaire est connecté à une source d'alimentation au niveau de 5 l'extrémité de ce tronçon.

FIG1.

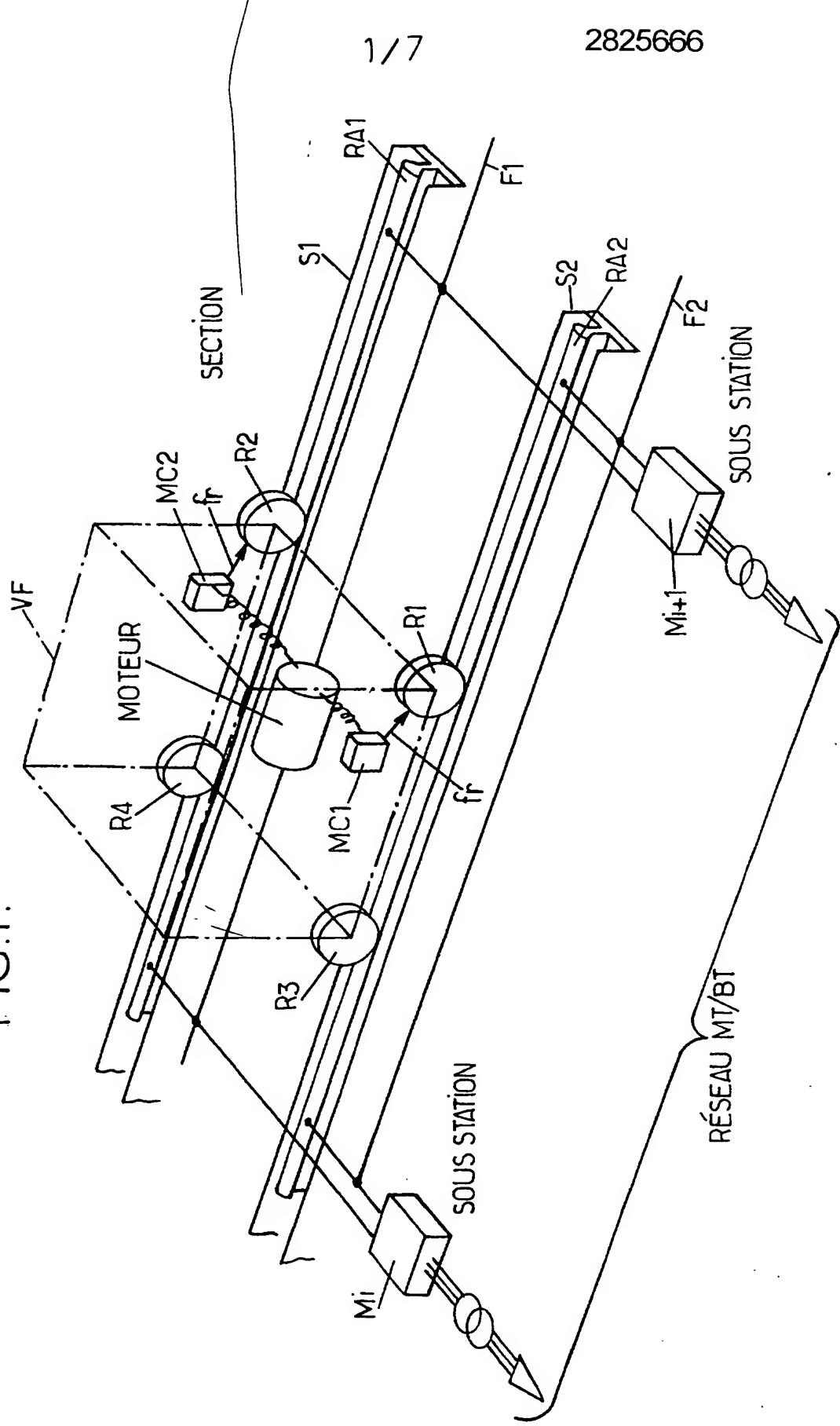


FIG. 2a.

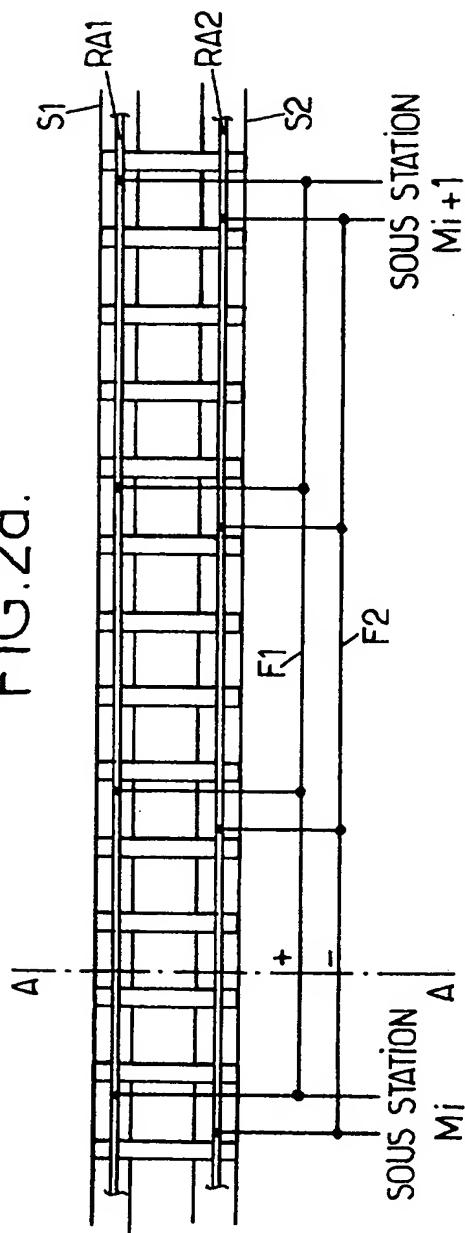


FIG. 2C.

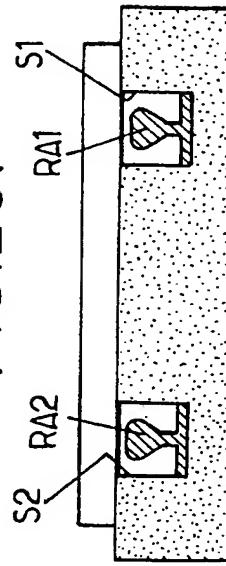
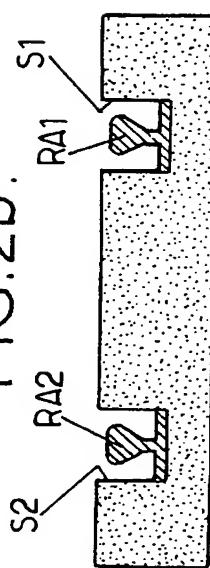


FIG. 2b.



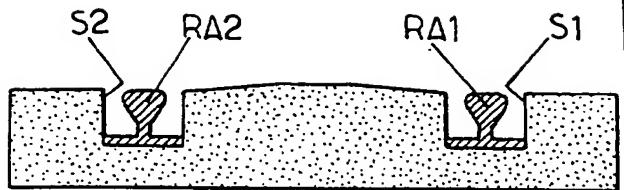


FIG. 2d.

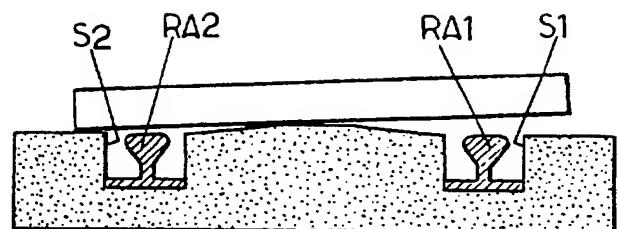
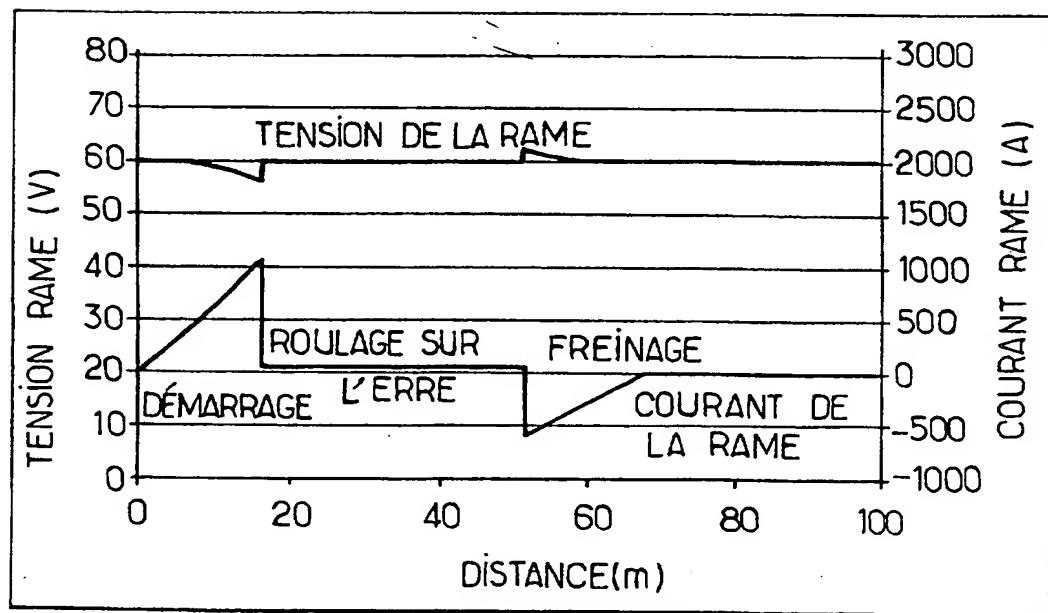
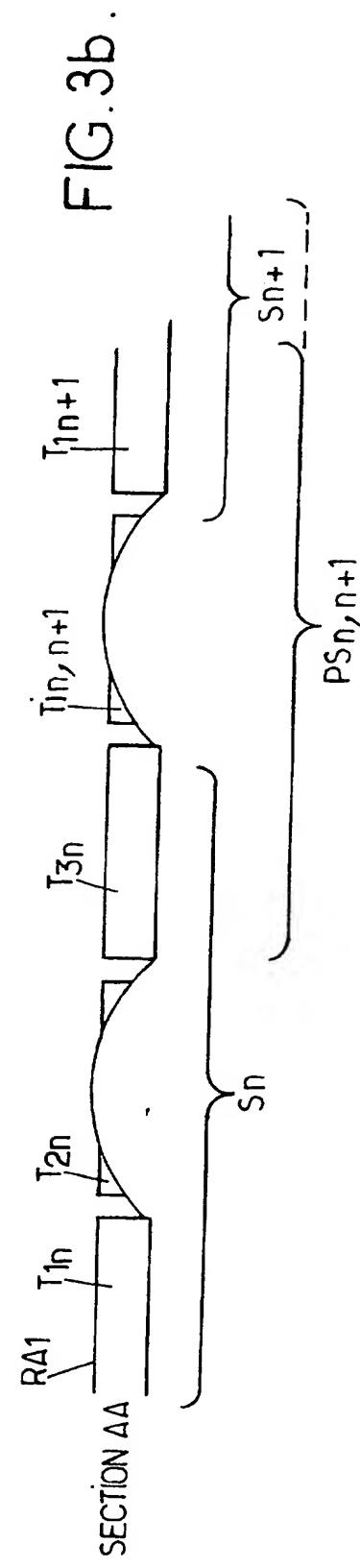
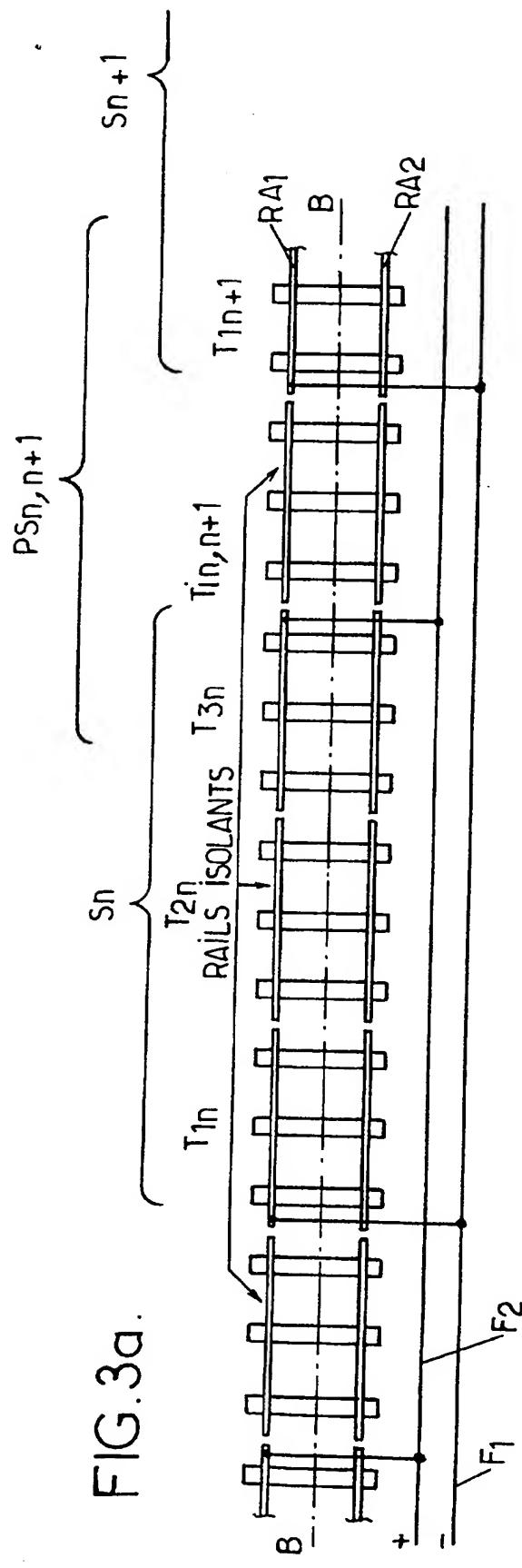


FIG. 2e.

FIG. 2f.



CHUTE DE TENSION AUX BORNES DU MATERIEL ROULANT



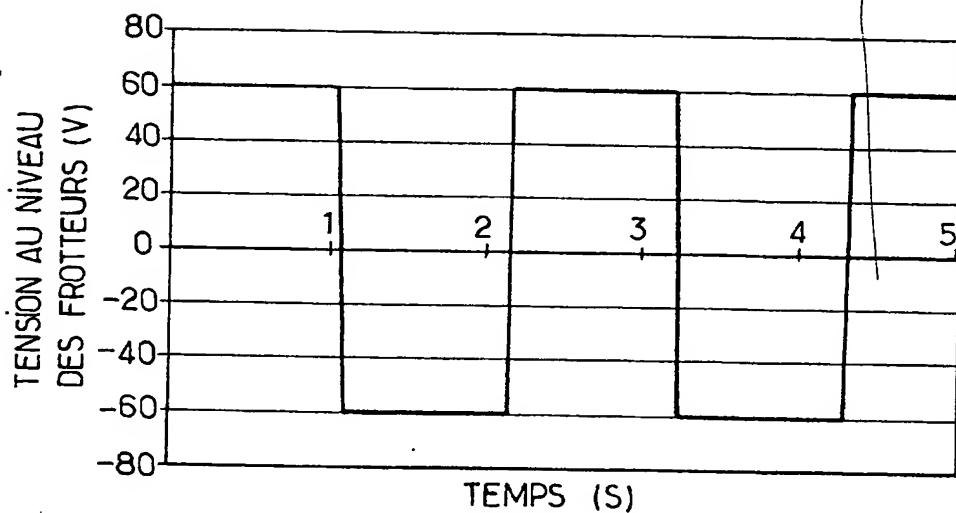


FIG.3c. TENSION DE CAPTAGE AU NIVEAU DES FROTTEURS

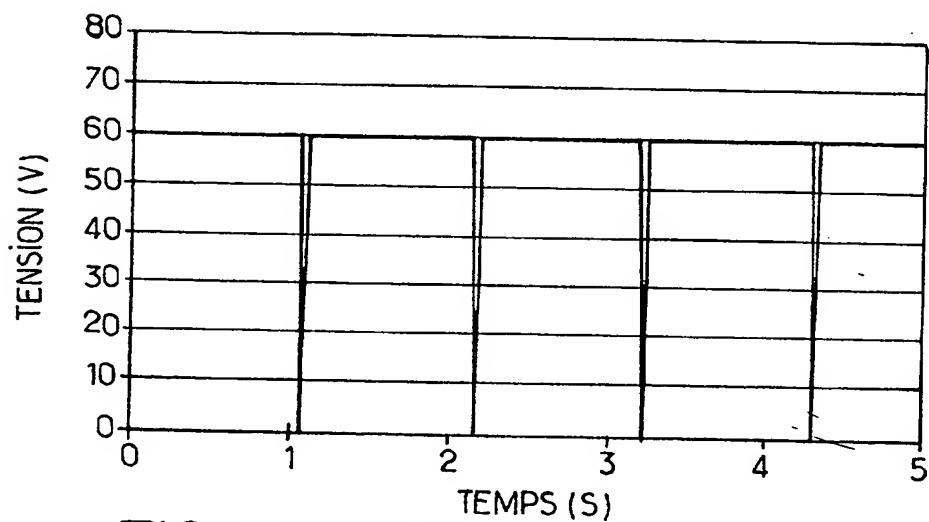


FIG.3d. TENSION DISPONIBLE POUR LA TRACTION APRÈS REDRESSEMENT

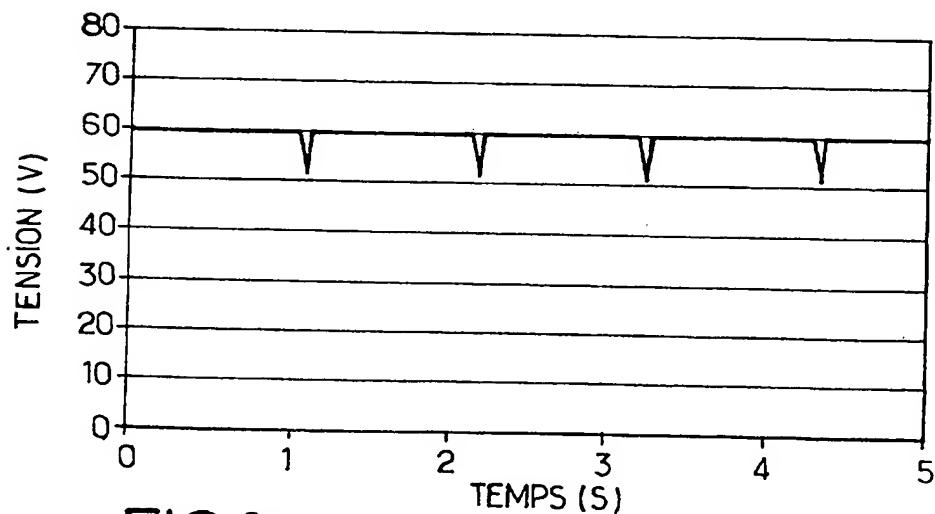


FIG.3e. COMPENSATION DES COUPURES DE TENSION PAR CONDENSATEUR MIS EN PARALLÈLE

DÉPLACEMENT DE LA RAMÉE →

$$e = L_C + L_n$$

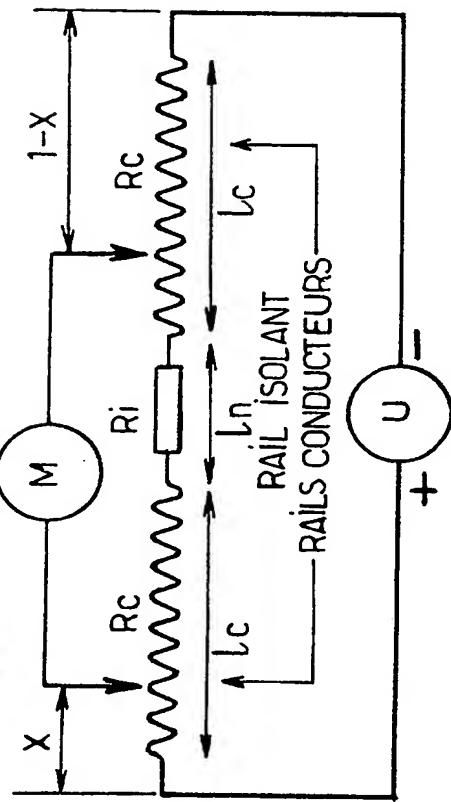


FIG. 3f.
SCHÉMA ÉLECTRIQUE ÉQUIVALENT

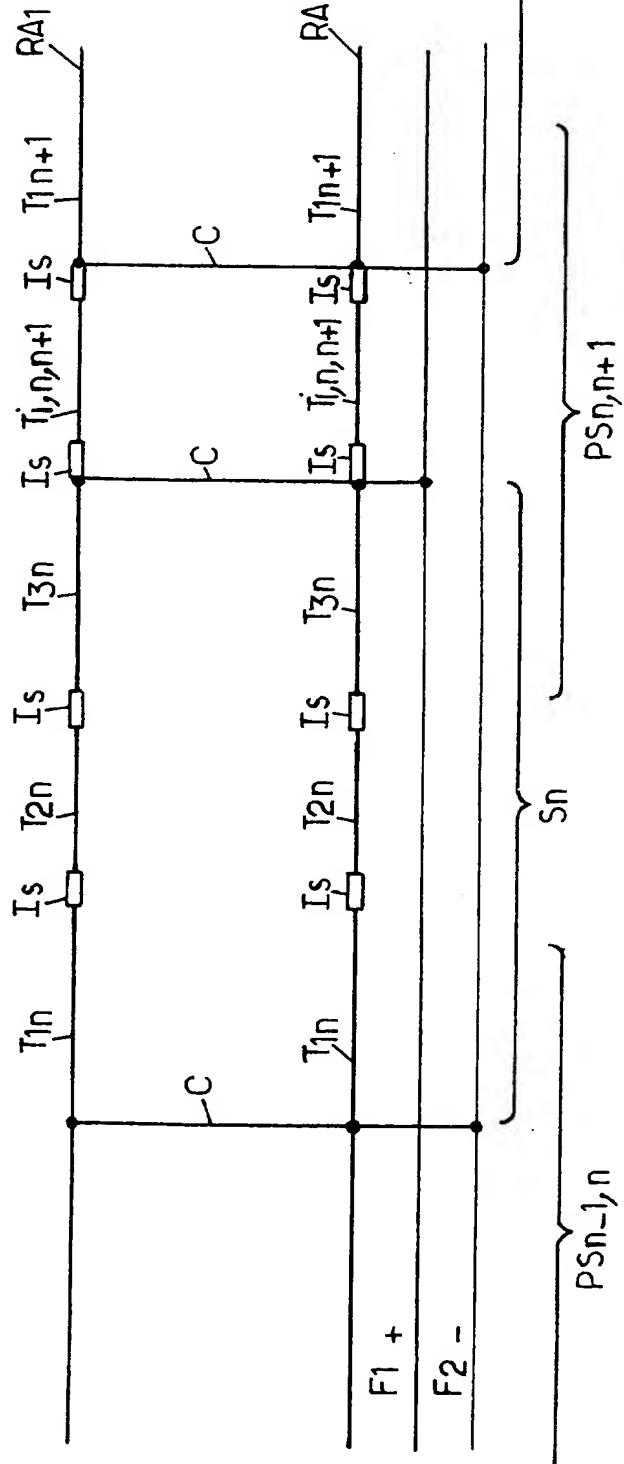
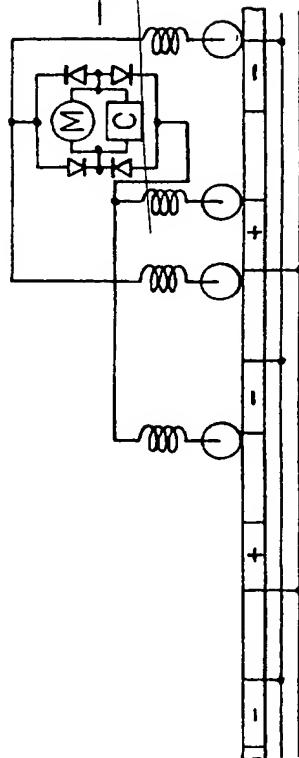
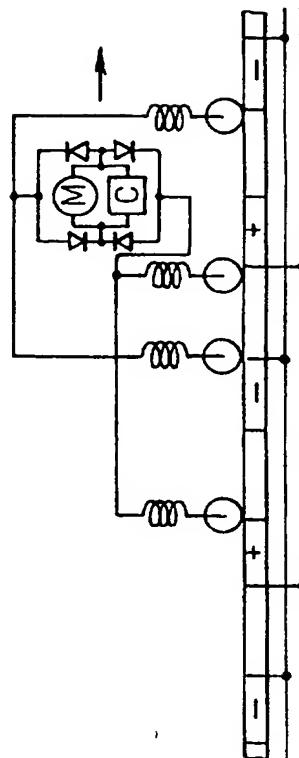
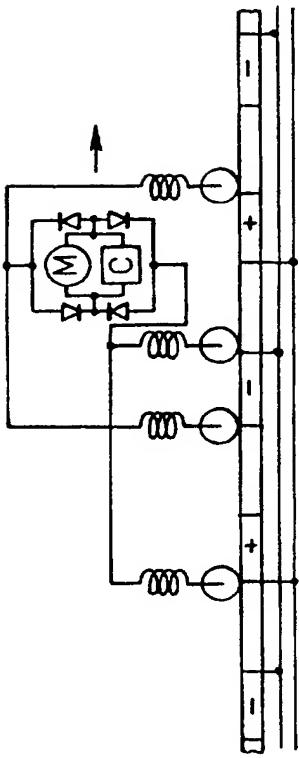
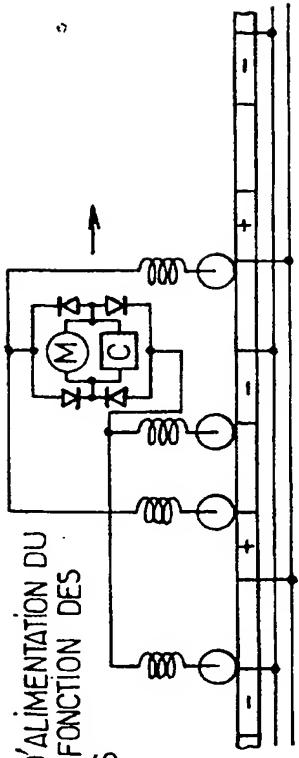
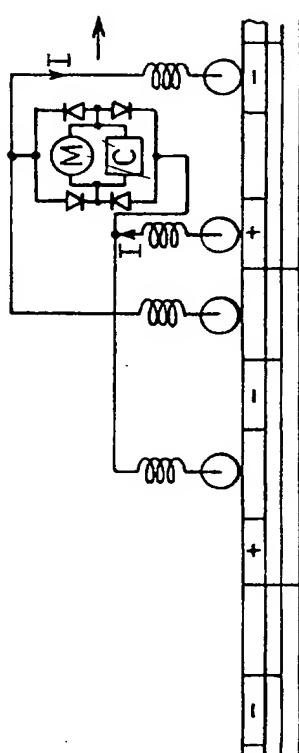
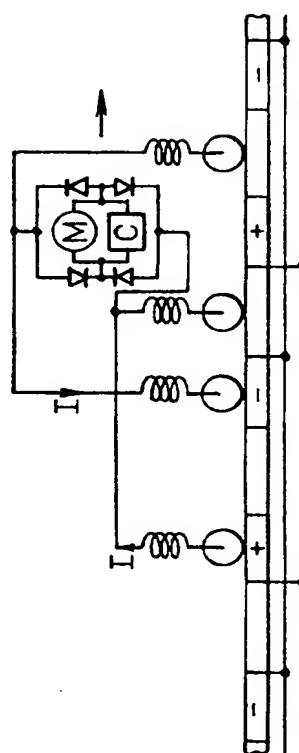
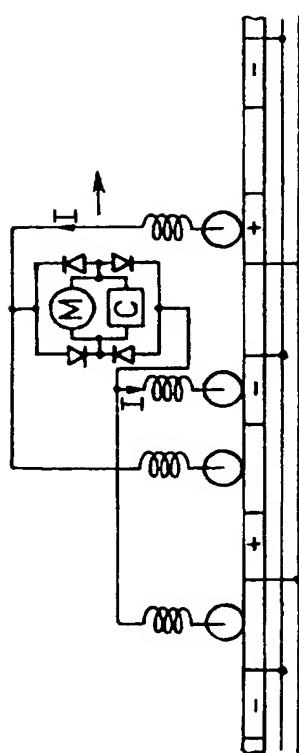
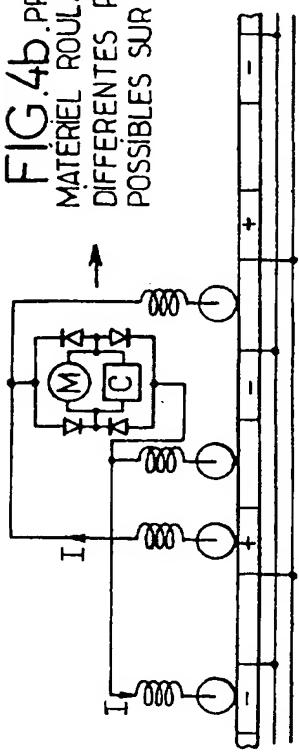


FIG. 4a.

FIG.4b. PRINCIPE D'ALIMENTATION DU MATERIEL ROULANT EN FONCTION DES DIFFERENTES POSITIONS POSSIBLES SUR LE RAIL



RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE

N° d'enregistrement national

FA 604590
FR 0107397

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	FR 2 780 685 A (ALSTOM TECHNOLOGY) 7 janvier 2000 (2000-01-07) * le document en entier * ---	1, 3, 11	B60M5/00 B60M1/00
A	US 5 373 791 A (BACH ET AL.) 20 décembre 1994 (1994-12-20) * le document en entier * ---	1	
A	DE 32 16 337 A (TRIX MANGOLD GMBH) 10 novembre 1983 (1983-11-10) * le document en entier * ---	1	
A	DE 196 54 080 A (AFT-AUTOMATISERINGS- UND FÖRDERTECHNIK GMBH) 2 juillet 1998 (1998-07-02) * le document en entier * -----	1	
DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.Cl.7)			
B60M A63H B60L			
1			
Date d'achèvement de la recherche 13 février 2002		Examinateur Bolder, G	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0107397 FA 604590

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 13-02-2002.
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française.

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2780685	A	07-01-2000	FR SG	2780685 A1 78370 A1	07-01-2000 20-02-2001
US 5373791	A	20-12-1994	DK AT DE DE WO EP ES HK JP JP	287790 A 121961 T 69109493 D1 69109493 T2 9210259 A1 0560850 A1 2072136 T3 1005432 A1 6503491 T 3192421 B2	05-06-1992 15-05-1995 08-06-1995 04-01-1996 25-06-1992 22-09-1993 01-07-1995 08-01-1999 21-04-1994 30-07-2001
DE 3216337	A	10-11-1983	DE HU	3216337 A1 185185 B	10-11-1983 28-12-1984
DE 19654080	A	02-07-1998	DE AU WO US	19654080 A1 5856698 A 9828175 A1 6138575 A	02-07-1998 17-07-1998 02-07-1998 31-10-2000

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.